



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 198 15 439 A 1**

(51) Int. Cl. 6:
B 65 B 51/10

DE 198 15 439 A 1

(21) Aktenzeichen: 198 15 439.9
(22) Anmeldetag: 7. 4. 98
(23) Offenlegungstag: 14. 10. 99

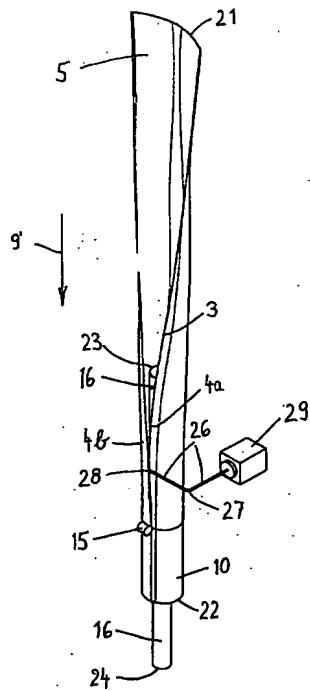
(71) Anmelder:
Tetra Laval Holdings & Finance S.A., Pully, CH
(74) Vertreter:
Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65189 Wiesbaden

(72) Erfinder:
Martin, Peter Josef, 65205 Wiesbaden, DE; Pütz, Heidrun, Dipl.-Ing., 52074 Aachen, DE; Treusch, Hans Georg, Dr., 52074 Aachen, DE
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:
DE 44 09 255 A1
DE 39 10 790 A1
DE-OS 15 11 647
US 56 78 390
US 46 99 684

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Verfahren zum Verschweißen von laminatförmigen Verpackungsmaterialien

(55) Beschrieben wird ein Verfahren zum Verschweißen von laminatförmigen Verpackungsmaterialien (4a, 4b, 5), die auf den miteinander zu verschweißenden Oberflächen Kunststoff aufweisen, ohne Berührung der Oberflächen mit Schweißwerkzeugen. Damit man das Verschweißen abrupt unterbrechen und ohne Erzeugung von Ausschuß danach wieder fortsetzen kann, wobei vorzugsweise die Wärmeenergie zur Erzeugung der Schweißtemperatur mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erzeugt wird, sieht die Erfindung vor, eine Laserstrahlung als Schweißenergie zu verwenden, wobei die Laserstrahlung vorzugsweise eine kontinuierliche Ausgangsleistung hat und die zu verschweißenden Oberflächen als Verpackungsmaterialbahnen (5) relativ zu der ortsfesten Auftreffstelle der Laserstrahlung auf die wenigstens eine Materialbahn bewegt werden.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verschweißen von laminatförmigen Verpackungsmaterialien, die auf den miteinander zu verschweißenden Oberflächen Kunststoff aufweisen, ohne Berührung der Oberflächen mit Schweißwerkzeugen.

Es sind Packungsmaschinen zur Herstellung von Flüssigkeitspackungen, insbesondere zum Verpacken flüssiger Lebensmittel, wie zum Beispiel Milch, Saft und dergleichen, bekannt, bei denen ein Verfahren der eingangs genannten Art eingesetzt wird. Zur Herstellung und zum Befüllen und Verschließen solcher Fließmittelpackungen ist es bekannt, als Verpackungsmaterialien bahnförmige Lamine zu verwenden, bei denen Papier als Trägermaterial dient, welches auf beiden Oberflächen der Laminatbahn mit Kunststoff beschichtet ist. Von einer Rolle wird diese Verpackungsbahn mit intermittierendem Vorschub (für die Herstellung der Siegelnähte) abgezogen, zu einem Tubus geformt, bei welchem die Ränder überlappend zur Bildung der Längssiegelnäht miteinander verschweißt werden. Dieses Verschweißen erfolgt mittels Heißluft, welche berührungslos die Verpackungsbahn an dem einen zu verschweißenden Rand auf Schweißtemperatur von etwa 120°-150° erwärmt. Die so erweichte Kunststoffbeschichtung erzeugt durch Andruk auf den anderen Rand der Packungsbahn eine Längssiegelnäht unter Bildung eines flüssigkeitsdichten Tubus. Dieser wird nachfolgend gefüllt, querversiegelt und endgeformt.

Das Verschweißen der Längsnäht mittels Heißluft erfolgt unmittelbar vor dem Befüllen der Packung. Ein längliches Heizelement bläst Heißluft über eine bestimmte Länge des Vorschubes direkt auf die Materialbahn, wobei mit Nachteil dieser Luftstrahl diffundiert und die Umgebung derart aufheizt, daß der weitaus überwiegende Teil der erzeugten Wärme als Verlustwärme verlorengeht und die Effizienz dieses Schweißverfahrens bei nur etwa 2% liegt.

Die Verwendung von Heißluft als Energieträger erfordert mit weiterem Nachteil eine ausreichende Vorwärmphase der Maschine bei anlaufender Produktion. Jeder Zwischenhalt der Packungsmaschine führt aufgrund der tragen Steuerung der Energieeinbringung durch Heißluft zu fehlerhaften Packungen, weil der Tubus nicht eine ausreichend feste Längssiegelnäht erhielt. Die Naht platzt auseinander, und das flüssige Lebensmittel tritt innerhalb der Maschine aus der Packung aus und bedingt unerfreuliche Verschmutzungen. Bis ein stabiler Betriebszustand mit einwandfrei flüssigkeitsdichten Packungen erreicht ist, wird beim Verschweißen mittels Heißluft eine lange Vorlaufzeit benötigt. Ein kurzzeitiges Ein- und Ausschalten einer derart betriebenen Packungsmaschine ist nur mit erheblichen Verlusten möglich. Diese Probleme eskalieren erst recht im Falle einer aseptischen Verpackung. Die Verhältnisse der erwähnten Vorlaufzeit und dergleichen sind außerdem nicht reproduzierbar, weil die Umgebung der Schweißstelle von den Tages- und Jahreszeiten unterschiedlich warm ist. Auch das Alter einer Heißluftpatrone trägt zu der mangelhaften Reproduzierbarkeit beim Ein- und Ausschalten der Maschine bei.

Es sind auch andere Verfahren zum Verschweißen von laminatförmigen Verpackungsmaterialien der eingangs genannten Art bekannt, bei denen zum Beispiel in einer Packungsmaschine der vorstehend beschriebenen Art die Quersiegelnäht mit Hilfe von Induktionswärme hergestellt wird. Der Hauptnachteil dieses Schweißverfahrens besteht darin, daß das Verpackungsmaterial eine Metallschicht für die Erzeugung von Induktionswärme aufweisen muß. Hier wird bei herkömmlichen Verpackungen häufig Aluminium verwendet. Materialien ohne diese Aluminiumschicht können aber nicht mit dem Induktionsverfahren verschweißt wer-

den. Mit weiterem Nachteil wird mit dem Induktionsverfahren die Energie nicht auf direktem Wege eingebracht, und die Dichtenergie ist in einem Punkt im Millimeterbereich nicht hoch genug, so daß – ähnlich wie bei dem Erwärmen mittels Heißluft – die Energie über eine bestimmte Länge der Verpackungsmaterialbahn eingebracht wird. Bei kurzzeitigem Ein- und Abschalten (Kurzstop) ergibt sich hier wieder je nach der Länge der Energieeinbringung mit Nachteil erheblicher Ausschuß.

Der Erfundung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das eingangs erwähnte Verfahren zum Verschweißen von laminatförmigen Verpackungsmaterialien derart auszustalten, daß es abrupt unterbrochen und ohne Erzeugung von Ausschuß danach wieder fortgesetzt werden kann, wobei vorzugsweise die Wärmeenergie zur Erzeugung der Schweißtemperatur mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erzeugt wird.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt erfundungsgemäß durch die Verwendung einer Laserstrahlung als Schweißenergie. Die Laserstrahlung kann abrupt ein- und ausgeschaltet werden, wobei die Temperatur des zu erwärmenden Kunststoffes auf der Oberfläche des Verpackungsmaterials ebenso abrupt wieder die Schmelztemperatur erreicht, wie der Laser eingeschaltet wird. Dadurch entstehen durch die bisweilen unvermeidlichen Unterbrechungen bei Verpackungsherstellungsmaschinen keine Löcher oder unverschweißte Randbereiche des Packungstabus, so daß mithin Ausschuß nach dem Anfahren einer zuvor abgeschalteten Packungsmaschine praktisch nicht erzeugt wird.

Infrage kommen als Verpackungsmaterialien mit Kunststoffen beschichtetes Papier als Trägermaterial, mit Kunststoff beschichtete Metallfolien und gegebenenfalls, wenn gleich hier nicht bevorzugt ins Auge gefaßt, Kunststofffolien ohne andere Trägermaterialien. Laminatförmig sind die Verpackungsmaterialien durch die Beschichtung mit Kunststoff bzw. durch das Aufeinanderlegen unterschiedlicher Materialien der vorstehend erwähnten Art, zum Beispiel Metall mit Kunststoff, Papier mit Metall und Kunststoff usw. Die Verpackungsmaterialien können in Form von Platten, Bögen oder Bahnen vorliegen und in dieser Form mit dem erfundungsgemäßen Verfahren auf den Seiten miteinander verschweißt werden, von denen wenigstens eine mit Kunststoff beschichtet ist. Schweißbacken oder dergleichen sind bei dem neuen Verfahren nicht notwendig, die Energie wird vielmehr direkt auf optischem Wege eingebracht mit dem Vorteil, daß auf diese Weise auch aseptische Packungen steril gefüllt und verschlossen werden können. Eine einmal erzeugte Sterilität wird durch das Schweißverfahren gemäß der Erfundung nicht gestört.

Gegenüber dem bekannten Induktionsverfahren ist das erfundungsgemäße Schweißverfahren von in dem Laminat befindlichen Metallfolien unabhängig.

Die Strahlform und die Leistungsverteilung des Strahles an der Schweißstelle können so eingestellt werden, daß der Energiebedarf der die Schmelztemperatur erzeugenden Laser geringer als der bisher bekannten Wärmequellen ist. Wie nachfolgend noch ausführlicher erläutert wird, gelingt eine Verlustreduzierung durch den Einsatz von Lasern gegenüber dem Heißluftverfahren auf bis zu 50%.

Günstig ist es gemäß der Erfundung ferner, wenn die Laserstrahlung eine kontinuierliche Ausgangsleistung hat und die zu verschweißenden Oberflächen als Verpackungsmaterialbahnen relativ zu der ortsfesten Auftreffstelle der Laserstrahlung auf die wenigstens eine Materialbahn bewegt werden. Die Laserstrahlung kann mit einer derartigen Energiedichte auf wirtschaftlich vertretbare Weise hergestellt werden, daß auf diese Weise ein kontinuierlicher Betrieb einer Packungsmaschine gewährleistet ist. Durch den Einsatz

von Lasern zur Erzeugung der Wärme an der Schweißstelle erzeugenden Energie vereinfacht sich das Schweißaggregat in der Gesamtmaschine. Dabei ist es bevorzugt, die Materialbahn mit gleichförmiger Vorschubgeschwindigkeit relativ zu der Auftreffstelle zu bewegen. Auf diese Weise kann man eine Längssiegelnahnt kontinuierlich erzeugen und dadurch die Leistung der Packungsmaschine steigern. Setzt man die Laserleistung zu der Vorschubgeschwindigkeit der Materialbahn ins Verhältnis, dann kann man dieses als Streckenenergie E definieren, die zum Beispiel in J/cm angegeben werden kann. Die Streckenenergie E charakterisiert den Schweißprozeß. Wählt man Vorschubgeschwindigkeiten etwa im Bereich zwischen 10 und 25 m/min , so hat man bei der hier betrachteten Laserstrahlung keine Verluste durch Wärmeleitung aus dem Bereich der Schweißnaht. Untersuchungen haben vielmehr gezeigt, daß der Zusammenhang zwischen der Laserleistung und der Vorschubgeschwindigkeit eine Steuerung oder auch Regelung beim Anfahren der Maschine nach einem vorübergehenden Anhalten ermöglicht. Besonders bevorzugt hat sich eine Vorschubgeschwindigkeit von 24 m/min für die Bewegung der Materialbahn an der ortsfesten Auftreffstelle der Laserstrahlung (Schweißstelle) herausgestellt.

Bei vorteilhafter weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird für die Erzeugung der Laserstrahlung zum Verschweißen der Verpackungsmaterialien wenigstens ein und vorzugsweise eine Gruppe von nebeneinander angeordneten Diodenlasern eingesetzt. Es hat sich gezeigt, daß die Verwendung des erfundungsgemäßen Verfahrens unter Einwirkung der Laserstrahlung eine PE-Schicht, die jeweils die äußere Schicht des Verpackungslaminates bildet, aufgeschmolzen werden kann.

Grundsätzlich können entsprechend der vorstehend erwähnten Lehre, Laserstrahlung schlechthin als Schweißenergie zu verwenden, verschiedene Lasersysteme eingesetzt werden. Bekannt sind CO_2 -Laser, Nd : YAG-Laser und die erwähnten Diodenlaser, die grundsätzlich alle zur Erzeugung der notwendigen Schweißenergie verwendet werden können. CO_2 -Laser haben eine gute Strahleinkopplung und eine gute Bestrahlungsabsorption. Man muß für diese aber das Gas für den Betrieb des Lasers zur Verfügung stellen, den nicht unerheblichen Raumbedarf berücksichtigen und einen bisweilen hohen Preis bezahlen; Nachteile, die bei manchen Anwendungen den Einsatz von CO_2 -Lasern ausschließen. Die Nd : YAG-Laser und Diodenlaser emittieren beide eine ähnliche Wellenlänge im nahen Infrarot. Sie haben außerdem den Vorteil, daß nicht unbedingt eine Spiegeloptik für die Strahleinkoppelung erforderlich ist. Der Wirkungsgrad von der elektrisch zugeführten Leistung zur optisch abgegebenen Leistung beträgt aber bei den Nd : YAG-Lasern nur 5%, während der Wirkungsgrad der Diodenlaser bei 45% liegt. Der erfundungsgemäß empfohlene Einsatz von Diodenlasern hat weder das Erfordernis, daß man ein zusätzliches Gas oder anderes Medium zum Betrieb des Lasers zur Verfügung stellen muß, und hat ferner den Vorteil, daß sie räumlich klein sind. Durch die Wellenlänge der von dem Diodenlaser emittierten Strahlung ist auch der erreichte Absorptionskoeffizient annehmbar groß. Mit weiterem Vorteil erzeugt der Diodenlaser selbst bereits eine linienförmige Strahlung, die ersichtlich ohne Strahlformung einfacher als bei anderen Lasertypen in die Schweiß- bzw. Fügezone auf eine Linie übergeführt werden kann. Wenn die Laserstrahlung an ihrer Auftreffstelle auf die Oberfläche der Verpackungsmaterialbahn linienförmig ist, kann man ersichtlich bei Bewegen der Materialbahn senkrecht zu dieser Linie die Schweißnaht mit gewünschter Breite erzeugen, wobei die Länge der Linie die Schweißnahtbreite bestimmt.

Die linienförmig gebündelte Energie des Diodenlasers

kann man Vervielfachen, wenn man anstelle eines Lasers eine Gruppe von Diodenlasern einsetzt. Es entsteht dadurch ein sogenanntes Lasermodul. Bei einer bevorzugten Ausführungsform besteht dieses aus zehn Hochleistungsdioden, die in einem Stapel zusammengefaßt sind und eine zehnfach höhere optische Strahlungsleistung erbringen. Bei einer Stromstärke von 50 A erreicht man auf diese Weise Strahlungsleistungen von 400 W.

Mittels einer Optik kann bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform die von den Dioden emittierte stark divergente Strahlung in vertikaler Richtung kollimiert werden. Die kollinierten Einzelstrahlen bilden ein Strahlenbündel, das durch geeignete optische Mittel zum Beispiel auf eine Linie von $0,8 \times 8 \text{ mm}$ fokussiert wird.

- 10 Setzt man bei einer vorteilhaften Ausführungsform eine Produktionsgeschwindigkeit einer bewegten Bahn von 24 m/min ein, dann kann man mit einer Laserleistung von über 400 W einen linienförmigen Strahl an der Schweißstelle erreichen.
- 20 Sollte der Laserstapel in einer Entfernung von der Schweißstelle untergebracht sein, dann kann die Strahlungsenergie mittels Lichtleitfasern an die Schweißstelle herangeführt werden.

Vorteilhaft ist es gemäß der Erfindung auch, wenn die Laserstrahlung dem Verpackungsmaterial als Freistrahl mittels fester Optik über Fenster und/oder mittels Lichtwellenleiter zugeführt wird. In jedem Falle erfolgt das Zuführen berührungslos, und das Verpackungsmaterial wird in keiner Weise chemisch beeinträchtigt, weil keine Fremdstoffe mit der Schweißstelle in Berührung kommen. Ein Fenster hat dann einen großen Vorteil, wenn Verpackungsmaterialien in einem Reinraum oder einem sterilen Raum verschweißt werden sollen. Die Schweißenergie kann dann nämlich unproblematisch außerhalb des sterilen Raumes erzeugt und über das Fenster in den sterilen Raum eingekoppelt werden. Durch die erfundungsgemäß Lehre erhält man eine problemlose Strahlführung in das betreffende Maschinenelement hinein. Bei einem CO_2 -Laser ist die Strahlführung nicht ganz so günstig wie bei Einsatz eines Diodenlasers, denn es wird bei dem CO_2 -Laser im allgemeinen ein Strahl mit rundem Querschnitt erzeugt, welcher in eine Linie umgeformt werden muß. Der Diodenlaser hingegen benötigt eine solche Strahlformung nicht, so daß die feste Optik vereinfacht werden kann mit dem Vorteil einer optimalen Handhabung.

Die Erfindung ist zweckmäßig weiter dadurch ausgestaltet, daß der Laserstrahl unter einem Einfallswinkel $\neq 0^\circ$ auf die wenigstens eine Oberfläche des Verpackungsmaterials auftrifft. Um den für das Verschmelzen verwendeten Kunststoff auf Schmelztemperatur erwärmen zu können, muß die Energie der Laserstrahlung im Kunststoff absorbiert werden. Die Absorption ihrerseits ist von verschiedenen Faktoren abhängig: zum Beispiel von der Art des Mediums, im vorliegenden Falle also des Kunststoffes, in welchem die Laserstrahlung absorbiert werden soll. Jeder Kunststoff hat einen dem Material eigenen Absorptionskoeffizienten α . Ferner hängt die Absorption von der Dicke des Materials, von der Wellenlänge λ der Laserstrahlung und von dem Einfallswinkel ab, unter welchem die Laserstrahlung auf die Oberfläche des Mediums trifft, im vorliegenden Fall also auf die Oberfläche des Kunststoffmaterials. Der absorbierte Anteil der Strahlung kann ausgedrückt werden als $1 - e^{-\alpha z}$.

Für die in Rede stehenden Kunststoffmaterialien als Beschichtung von Verpackungslaminaten werden unterschiedliche Dicken verwendet, die vorzugsweise im Bereich von 5–40 μ des vorzugsweise Polyethylen aufweisenden Kunststoffes liegen. Soll die Absorption in einer Kunststoffschicht der unteren Grenze absorbiert werden, d. h. auf einer

Strecke von nur $5 \mu\text{m}$ oder $7 \mu\text{m}$, was in der Praxis gängig ist, dann würde bei einem Einfallwinkel von 0° , d. h. also senkrecht auf die Oberfläche des Kunststoffes auftretende Laserstrahlung, eine ausreichende Absorption nicht erfolgen.

Zwar kann man bei der Auswahl des richtigen Lasersystems Laser finden, welche eine günstige Wellenlänge λ emittieren. Mit einem großen Absorptionskoeffizienten α und dadurch einer ermöglichten kleinen Eindringtiefe der Laserstrahlung erreicht man mit dem CO₂-Laser eine hohe Absorption bei Wellenlängen von $\lambda > 2500 \text{ nm}$. Häufig sind in der Praxis aber Umstände gegeben, welche die oben erwähnten Nachteile des CO₂-Lasers so gravierend erscheinen lassen, daß CO₂-Laser nicht immer einsetzbar sind. Die in Rede stehenden Kunststoffmaterialien enthalten insbesondere häufig Wasser, das in nebelhafter Tröpfchenform beim Schweißen verdampft und die Strahlung des CO₂-Lasers erheblich stört.

Andererseits ist eine kontinuierliche Ausgangsleistung des betreffenden Lasers bevorzugt, so daß man unter den vorhandenen Lasersystemen die Festkörperlaser auswählt, also sowohl die Nd : YAG-Laser als auch die Diodenlaser. Erstere emittieren eine Wellenlänge λ von $1,064 \mu\text{m}$, und die Diodenlaser emittieren eine Wellenlänge, die etwa im Bereich von $800-980 \text{ nm}$ liegt. Man erkennt aus dem oben definierten absorbierten Anteil $= 1 - e^{-\alpha z}$, daß bei dem materialbedingten, festen Absorptionskoeffizienten α eine Variations- und Verbesserungsmöglichkeit bei Veränderung der Absorptionslänge z besteht. Um das insbesondere bei den vorzugsweise verwendeten Diodenlasern schlechtere λ (Wellenlänge) auszugleichen, ist man bestrebt, die Absorptionslänge z zu vergrößern. Dies gelingt erfahrungsgemäß durch das Einführen eines Einfallswinkels $\neq 0^\circ$. Mit anderen Worten soll die Laserstrahlung nicht senkrecht sondern schräg auf die Oberfläche des Kunststoffes auftreffen, weil dann die Absorptionslänge um ein Vielfaches vergrößert werden kann. Dadurch erreicht man wieder eine hohe Absorption, die im Bereich von 80–90% liegen kann. Wenn man durch richtige Auswahl der Absorptionslänge und damit richtige Auswahl des Einfallswinkels die Laserstrahlung über eine ausreichend lange Strecke in dem Kunststoffmaterial laufen lassen kann, wird die gewünschte Absorption erreicht und die für das Schmelzen erforderliche Temperatur erzeugt.

Besonders bevorzugt ist es dabei, wenn erfahrungsgemäß der Einfallwinkel im Bereich von 45° bis 84° , vorzugsweise im Bereich von 75° bis 83° und ganz besonders bevorzugt bei 81° liegt.

Die Auswahl der vorgenannten Größen für den Einfallswinkel ist keineswegs selbstverständlich. Der Fachmann wird beim Einsatz eines Lasers immer feststellen, daß die Laserstrahlung eine gewisse Austrittsöffnung hat bzw. daß der Laserstrahl einen Öffnungswinkel hat. So stellt die obere Bereichsgrenze des Einfallwinkels von 84° einen Maximalwert dar, weil dieser dem halben Öffnungswinkel der Laserstrahlung oder der numerischen Apertur NA entspricht. Durch die angegebenen Größen lehrt die Erfindung den Einsatz von Einfallwinkeln für die Laserstrahlung, die in der Praxis erreicht werden können und zu guten Absorptionswerten führen.

Diese recht gute Absorption wird mit den bevorzugt einzusetzenden Diodenlasern mit kontinuierlicher Ausgangsleistung erreicht. Der Kunststoff hat auch eine hohe Absorption für Wellenlängen $\lambda < 300 \text{ nm}$. Es gibt zwar Laser, die in diesem Wellenlängenbereich emittieren, eine ausreichende Leistung von zum Beispiel einigen Hundert Watt kann dort aber nur durch gepulste Strahlung erreicht werden, und dies schränkt die Anwendung der erfahrungsgemäßen Lehre der-

art ein, daß die zuletzt erwähnte kleine Wellenlänge außer Betracht bleiben sollte.

Die Erfindung ist weiterhin vorteilhaft dadurch ausgestaltet, daß die Leistungsverteilung im Strahlquerschnitt so eingestellt wird, daß sie um den Mittelpunkt der an der Auftrittsstelle abgebildeten Linie asymmetrisch ist.

Untersuchungen zeigen, daß die Energie im Strahlquerschnitt entlang der abgebildeten bzw. fokussierten Linie an der Schweißstelle in Form einer Gauß'schen Kurve verteilt ist. Die Breite dieser Gauß'schen Kurve oder Glockenkurve hängt von der Länge der fokussierten Linie ab, die bei einer praktischen Ausführungsform 18 mm betrug. Die Leistungsverteilung im Strahlquerschnitt entspricht der Energieverteilung, die man darstellen kann, wenn man über der Koordinate entlang des Linienfokus [in mm] die Energiedichte $E_s [\text{J/cm}^2]$ aufträgt. Das Maximum liegt in der Mitte der abgebildeten Linie, und die Gauß'sche Kurve ist gewöhnlich zu diesem Mittelpunkt symmetrisch. Für eine bestimmte Temperatur benötigt man eine bestimmte Energiedichte, die sich also durch den Wert der Koordinate ergibt. Die Höhe der Koordinate entspricht sozusagen einer Erweichungs- bzw. Fügetemperatur, bei welcher die Laminatoberflächen miteinander verschweißt werden können.

Legt man die Leistungsverteilung asymmetrisch aus, wie vorstehend bei einer zweckmäßigen Weiterbildung empfohlen wird, dann kann ortsabhängig entlang dem Linienfokus an der einen Stelle eine höhere Temperatur und im Abstand daneben eine niedrigere Temperatur zum Verschweißen erreicht werden. Dies ist für denjenigen Fall vorteilhaft, wenn zum Beispiel unterschiedliche Materialien miteinander zu verschweißen sind. Gerade bei der Herstellung einer Längssiegelnaht zur Bildung eines Verpackungstibus spielt dieses Verfahren dann eine Rolle, wenn im Inneren des Verpackungstibus ein Kantenschutzstreifen aus einer dünnen Kunststofffolie gleichzeitig mit Erstellung der Längssiegelnaht aufgeschweißt werden soll. Es versteht sich dann, daß die Laminatbahn selbst mit einem Überlapp von zum Beispiel 7,5 mm bei einer anderen Temperatur verschweißbar ist als der daneben befindliche Kunststoff-Kantenschutzstreifen. Dieser hat zwar eine Breite von 7 mm, ist aber mit einem Überstand von 3 mm auf der inneren Laminatseite aufgeschweißt, wobei auch dieser Überstand von 3 mm zusätzlich zu dem erwähnten Überlapp von 7,5 mm mit dem erfahrungsgemäßen Verfahren verschweißt werden soll. Im einen Falle wird ein Laminat mit einem Laminat und in dem benachbarten anderen Falle eine reine Kunststofffolie mit dem Laminat verschweißt.

Vorteilhaft ist es gemäß der Erfindung ferner, wenn die Leistungsverteilung im Strahlquerschnitt rechteckförmig ist. Diodenlaser haben eine homogene Energieverteilung, welche der besprochenen Leistungsverteilung entspricht, die sich als ein Rechteck mit gewünschter Höhe und Breite einstellen läßt. Der Prozeßwirkungsgrad ist entsprechend der erfahrungsgemäßen Lehre bei der Rechteckform hoch, denn es entfallen Verluste, die sich bei der Darstellung der Energiedichte über der Koordinate des Linienfokus bei einer Gauß'schen Verteilung durch diejenigen Flächen ergeben oder darstellen lassen, welche außerhalb des Rechteckes liegen. Zum Verschweißen von Polyethylen hat es sich bei einer praktischen Ausführungsform ergeben, daß die zum Verschweißen notwendige Energiedichte bei 6 J/cm^2 liegt (Höhe des Rechteckes).

Zum besseren Verständnis kann man die Gauß'schen Kurven oder auch das erwähnte Rechteck als Temperaturverteilung quer zu der Schweißnaht interpretieren.

Zweckmäßig ist es gemäß der Erfindung weiterhin, wenn die Temperatur in der Fügezone, d. h. an der Schweißstelle, erfaßt und damit die Laserleistung ausgesteuert wird. Mit

Vorteil kann man so die Temperatur in der Fügezone konstant halten. Das Erfassen der Temperatur kann man berührungslos mit Hilfe eines Strahlungspyrometers vornehmen. Dieses liefert ein der Temperatur proportionales Signal, und mit diesem kann man die Leistung des Lasers aussteuern.

Dabei hat es sich als weiterhin vorteilhaft erwiesen, die Laminatbahn zum Beispiel durch Heizstrahler vorzuwärmen, wobei sich bei einem speziellen Beispiel 80°C als Vorwärmtemperatur als günstig erwiesen hat. Es hat sich gezeigt, daß im Vergleich zu einer Laminatbahn mit Raumtemperatur bei einer Aufheizung auf 80°C die Laserleistung, die zum Schweißen benötigt wurde, um 25% verringert werden konnte.

Gemäß der Erfindung ist es auch günstig, wenn die Steuerung der Laserleistung mit Hilfe der Vorschubgeschwindigkeit erfolgt. Nach dieser Verfahrensvariante wird die Vorschubgeschwindigkeit aufgenommen, und mit den sich daraus ergebenden Signalen wird die Leistung der Laser gesteuert. Versuche haben je nach dem Strahleinfallswinkel Abhängigkeiten der Laserleistung von der Vorschubgeschwindigkeit ergeben. Mit Hilfe dieser Abhängigkeiten oder Beziehungen läßt sich bei einer Veränderung der Vorschubgeschwindigkeit, wie zum Beispiel beim Anfahren der Packungsmaschine, die Strahlungsleistung regeln.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den anliegenden Zeichnungen. Bei diesen zeigen:

Fig. 1 perspektivisch eine quaderförmige Flüssigkeitspackung mit teilweise herausgebrochenen Seitenwänden,

Fig. 2 eine vergrößerte, abgebrochene Querschnittsansicht, wobei die Schnittebene in Richtung der gezeigten Pfeile in Fig. 1 liegt,

Fig. 3 perspektivisch den Gesamtverlauf der Materialbahn, von der Rolle bis zur hergestellten Verpackung, wobei nur wenige Teile der Maschine ohne Rahmen und Halterung dargestellt sind,

Fig. 4 perspektivisch und abgebrochen den sich bildenden Papiertubus mit ebenfalls abgebrochenem Füllrohr im Tubus und der außerhalb befindlichen Laserstrahlungsquelle mit Lichtleitkabel,

Fig. 5 eine Vorderansicht des Tubus der Fig. 4 von der offenen Vorderseite,

Fig. 6 eine Draufsicht auf Fig. 5 bzw. Fig. 4,

Fig. 7 die Einzelheit des Kreises VII in Fig. 6,

Fig. 8 eine Schnittdarstellung durch den Tubus der Fig. 5 entlang der Linie VIII-VIII,

Fig. 9 abgebrochen die Einzelheit IX in Fig. 8 in vergrößertem Maßstab,

Fig. 10 eine ähnliche Darstellung wie Fig. 5 mit Blickrichtung auf den offenen Tubus,

Fig. 11 die Draufsicht auf den Tubus der Fig. 10,

Fig. 12 die Einzelheit XII in Fig. 11 in größerem Maßstab,

Fig. 13 die schematisch dargestellten Winkel zwischen dem Ende der Lichtleitfaser und der Auftreffstelle des Laserlichtes auf die eine Papierbahn, und

Fig. 14 ein Diagramm zur Darstellung der in die Fügestelle eingebrachten Energie.

Bei dem in den Figuren hier dargestellten, bevorzugten Ausführungsbeispiel sollen mit Kunststoff beschichtete Materialbahnen so gefaltet und verschweißt werden, daß sich die in Fig. 1 allgemein mit 1 bezeichnete quaderförmige Flüssigkeitspackung ergibt. Von den vier rechteckförmigen Seitenwänden sind die vorderen beiden Felder herausgebrochen, damit der Betrachter die Längssiegelnah 2 sieht, deren Schnittebene in Richtung der dargestellten Pfeile liegt

und mit der Papierebene der Fig. 2 zusammenfällt. Man erkennt in Fig. 2, daß über den linken Rand 3 der innen liegenden Seitenwand 4a der Rand der außen liegenden Seitenwand 4b aufgesiegelt wird. Die Innere Oberfläche der laminatförmigen Verpackungsmaterialbahn 5 ist mit Kunststoff 6 beschichtet, zum Beispiel Polyethylen. Ein Kantenschutzstreifen 7, der zum Beispiel ebenfalls aus einer Polyethylenfolie besteht, ist auf der Innenseite der Packung in der schematisiert gezeichneten Weise der Fig. 2 aufgesiegelt. Dieses Versiegeln oder Verschweißen und auch das der beiden Randbereiche der Verpackungsmaterialbahn 5 zur Bildung der Seitenwände 4a, 4b erfolgt mittels Laserstrahlung, wie nachfolgend erläutert wird.

Um die Applikationsstelle und den Zweck der Aufbringung von Schweißenergie besser verständlich zu machen, wird das teilweise an sich bekannte Herstellungssystem kurz anhand Fig. 3 erläutert. Von einer Vorratsrolle 8 wird die Verpackungsmaterialbahn 5 in Förderrichtung gemäß Pfeil 9 (Förderrichtung) zunächst in eine Bearbeitungsstation geführt, bei welcher der Kantenschutzstreifen 7 an den Rand 3 der Materialbahn 5 angesiegelt wird. Nach Durchlaufen weiterer Behandlungsstationen erfolgt in der abstromseitigen Vertikalen die Bildung des Materialtubus, der hier auch Papiertubus 10 genannt ist, denn es handelt sich bei dem Trägermaterial für die zu versiegelnden oder zu verschweißenden Kunststoffe um Papier. Die Materialbahn 5 verläßt an der oberen Umlenkrolle 11 in Richtung des vertikal nach unten zeigenden Pfeiles, Förderrichtung 9', die Gestalt der ebenen Bahn, wobei über Stützrollen, bewegliche Stützen und Formringe, die hier nicht gezeigt sind, die Bahn 5 allmählich in runde Form kommt, wie man auch in den Fig. 3 bis 5 und 10 deutlich sehen kann. Bei älteren Maschinen erfolgt die Erwärmung wenigstens eines Randes 3 über Heißluftdüsen 12, wie in Fig. 3 gezeigt ist, oder im Falle der Ausführungsform nach der Erfindung direkt an der Auftreff- bzw. Fügestelle 13, bei welcher zwischen einer Druckrolle 14 und einer Gegendruckrolle 15 die zwei Bahnstücke zusammengewalzt werden, bis sie die schematisch dargestellte Verbindung gemäß Fig. 2 erhalten haben.

In den offenen Schlitz des Tubus 10 wird ein Füllrohr 16 von oben nach unten in den sich bildenden Tubus gesteckt. Dadurch wird der im unteren Bereich durch die Längssiegelnah 2 geschlossene Papiertubus 10 mit der abzufüllenden Flüssigkeit gefüllt. Nicht dargestellte Siegelbacken haben zuvor die Quersiegelnah 17 erstellt, auf welcher die Flüssigkeit ruht, bis auf der in Förderrichtung 9' darüber im Abstand die zweite Quersiegelnah und damit die Verpackung 1 verschlossen wird. Nach dem Abtrennen bei 18 der beidseitig verschlossenen Packung wird diese entsprechend der gebogenen Pfeile 19 auf einem Bearbeitungsrad in verschiedene Behandlungsstationen geführt, in denen die Packung 1 ausgeformt wird, um die in Fig. 3 unten gezeigte Quadergestalt zu erhalten. Von dort wird die fertige Packung 1 gemäß Pfeil 20 vertikal abgeführt. Zur Erläuterung des erfundungsgemäßen Verfahrens zum Verschweißen der Materialien mittels Laserstrahlung wenden wir uns jetzt den Fig. 4 bis 13 zu. Man erkennt mehr oder weniger die oben bei 21 abgebrochene und schon teilweise gekrümmte Verpackungsmaterial- oder Papierbahn 5, welche durch nicht dargestellte Rollen und Formringe bei ihrem in Förderrichtung 9' weiteren Fortschreiten zum Papiertubus 10 geformt wird. Dieser ist unten bei 22 abgebrochen. Tatsächlich muß man ihn sich im Sinne der Fig. 3 bis zur Stelle 18 (Abtrennen) fortgesetzt vorstellen.

Ahnlich ist auch das Füllrohr 16 in Förderrichtung 9' oben (hinten) bei 23 und unten (in Förderrichtung 9' vorn) bei 24 abgebrochen.

Die Auftreff-, Fuge- oder Schweißstelle 13 liegt unmittel-

bar in dem Spalt über der Druckrolle 14 und der Gegendruckrolle 15. Hier liegen die Ränder der Seitenwände 4a und 4b das erste Mal gerade direkt übereinander, um dann dem Walzprozeß zwischen den Druckrollen 14 und 15 ausgesetzt zu werden. Deshalb erscheint zum Beispiel in der Darstellung der Fig. 9 der Papiertubus 10 unterhalb des Walzenspaltes als ein Strich, während oberhalb der eine Rand der Seitenwand 4a durch den inneren, rechten Strich und entsprechend die andere Seitenwand durch den linken Strich 4b veranschaulicht ist. Dazwischen befindet sich das abstromseitige, untere Ende 25 des Lichtwellenleiters 26, der auch als Lichteitkabel oder Glasfaserbündel bezeichnet werden kann. Dieser Lichtwellenleiter 26 verläuft von seinem abstromseitigen unteren Ende 25 zunächst ein Stück weit entgegen der Förderrichtung 9' des Papiertubus 10 nach oben, biegt dann bei 28 in die Horizontale und noch einmal bei 27 so ab, daß er dann in die Laserstrahlungsquelle 29 gelangt. Bei dieser Quelle handelt es sich um eine nicht näher dargestellte Gruppe von nebeneinander angeordneten Diodenlasern.

In der in den Fig. 6 und 8 innerhalb der Kreise VII und IX gezeigten Bereiche befindet sich die allgemein mit 13' bezeichnete Fügezone, in welcher die Auftreffstelle 13 zwischen der Druckrolle 14 und der Gegendruckrolle 15 liegt.

In den Fig. 7 und 9 erkennt man, daß beide Druckrollen 14 und 15 um die Achsen 14a (Drehachse der Druckrolle) bzw. 15a (Drehachse der Gegendruckrolle 15) drehbar gelagert sind. Während die Drehachse 15a der Gegendruckrolle 15 stationär fest ist, ist die Drehachse 14a der Druckrolle 14 in der Halterung 30 (Fig. 9) federnd vorgespannt dadurch gelagert, daß die Halterung 13 ihrerseits am Ende einer Blattfeder 31 befestigt ist, die oben etwa in der Höhe des Endes 25 des Lichtwellenleiters 26 über die Aufnahme 32 am Füllrohr 16 befestigt ist. Das Füllrohr 16 hat im Bereich der Fügezone 13' die im Querschnitt in den Fig. 8 und 9 sichtbare Ausnehmung in Form einer seichten Eindellung; um die Druckrolle 14 mit ihrer Halterung 30 beweglich in dem Ringraum zwischen dem Füllrohr 16 und dem Papiertubus 10 zu stützen.

Wenn es sich bei der Packung 1 um eine der bekannten 1-Liter Flüssigkeitsverpackungen handelt, dann kann bei einer bevorzugten Ausführungsform der Durchmesser d des Füllrohres 16 an seiner breitesten Stelle knapp 80 mm betragen. Der Durchmesser D des Tubus liegt dann unterhalb der Druckrolle 14 bei knapp 100 mm. Die Blattfeder 31 hat zwischen ihrer Aufnahme 32 und der Höhe der Drehachse 14a der Druckrolle 14 eine Länge von 5 mm bis 30 mm, vorzugsweise 10 mm bis 25 mm und ganz speziell bei einem Beispiel 18 mm. Ähnliche Länge ergibt sich zwischen der Auftreffstelle 13 der Laserstrahlung 33 (abstromseitig, unten) und dem Ende 25 des Lichtwellenleiters 26 (aufstromseitig, oben). Mit anderen Worten hängt die Lage oder Höhe des Endes 25 des Lichtwellenleiters 26 von der Art des Papiertubus 10 und damit von dem Einstrahlwinkel β (Fig. 13) der Laserstrahlung 33 auf die Papierbahn 5 ab. In der Praxis schiebt man den Lichtwellenleiter 26 mit seinem abstromseitigen Ende 25 so weit nach unten in Richtung auf die Auftreffstelle 13 zu wie möglich, ohne daß eine Verklemmung oder störende Berührung mit den seitlichen Papierbahnen 5 erfolgt. In der Praxis hat der Winkel 2β , unter welchem die beiden Materialbahnen 5 zueinander laufen, die Größe von etwa 2° .

Die Laserstrahlung 33 tritt aus dem abstromseitigen Ende 25 des Lichtwellenleiters 26 in Förderrichtung 9' der Papierbahn 5 aus und erhitzt beide aufeinanderzuwalzende Polyethylenoberflächen der Materialbahn 5. Die zur Erweichung der Polyethylenschicht erforderliche Energie kann in der eingangs beschriebenen Weise in sehr kurzer Zeit an der

Auftreffstelle 13 eingebracht werden, so daß dann die Druckwalze 14 in Wechselwirkung mit der Gegendruckwalze 15 die beiden Bahnräder zusammenwalzt.

In den Fig. 7 und 12 blickt man in Förderrichtung 9' der Papierbahn 5. Man blickt innen in das offene Loch 34 des Füllrohres 16 und erkennt von diesem radial nach außen fortschreitend die innere Biegekante 16', gefolgt von der Außenwandung mit dem gleichen Radius wie von der äußeren Biegekante 16" an nach oben.

In Fig. 6 sind die verschiedenen Linien innerhalb der Bruchkante 21 der Papierbahn 5 Knicklinien, zum Beispiel die Knicklinie 35.

Der Lichtwellenleiter 26 ist bei der besonderen Ausführungsform hier als Flachfaserbündel ausgestaltet und kann eine Länge von bis zu 10 m haben, da die Verluste innerhalb des Lichtwellenleiters 26 gering sind.

Fig. 13 definiert die verschiedenen Winkel. Neben dem schon erwähnten Einstrahlwinkel β zwischen der Achse des Laserstrahls 33, die mit der Förderrichtung 9' der Papierbahn 5 in diesem Bereich zusammenfällt, und der Papierbahn 5 erkennt man oben auch den Öffnungswinkel y der Laserstrahlung 33. Der Einfallsinkel ist rechts unten mit 6 bezeichnet. Die der mit ausgezogenen Linien gezeigten Papierbahn 5 gegenüberliegende Papierbahn ist nur durch eine Linie von Doppelpunkten angedeutet. Die gestrichelte Linie 36 rechts unten in Fig. 13 steht unter einem Winkel von 90° auf der Linie der Papierbahn 5.

In Fig. 14 sind die oben in Verbindung mit Seite 8 beschriebenen Gauß'schen Kurven für drei unterschiedliche Strahlängen x dargestellt. Über der Koordinate entlang des Linienfokus x [mm] ist die Energiedichte $E_s [J/cm^2]$ aufgetragen. Die Fläche unter dem eingezeichneten Rechteck, symmetrisch zum Nullpunkt gezeichnet, stellt diejenige Energie dar, welche durch die Laserstrahlung 33 an der Auftreffstelle 13 zum Verschweißen eingebracht wird bzw. werden kann.

Bezugszeichenliste

- 40 1 quaderförmige Flüssigkeitspackung
- 2 Längssiegelnahrt
- 3 linker Rand der Seitenwand
- 4a innenliegende Seitenwand
- 4b außenliegende Seitenwand
- 45 5 Verpackungsmaterialbahn
- 6 Kunststoffbeschichtung
- 7 Kantenschutzstreifen
- 8 Vorratsrolle
- 9 Pfeil (Förderrichtung)
- 50 9' Förderrichtung
- 10 Papiertubus
- 11 Obere Umlenkrolle
- 12 Heißluftdüsen
- 13 Auftreff-Fügestelle
- 55 13' Fügezone
- 14 Druckrolle
- 14a Drehachse der Druckrolle
- 15 Gegendruckrolle
- 15a Drehachse der Gegendruckrolle
- 60 16 Füllrohr
- 16' innere Biegekante
- 16" äußere Biegekante
- 17 Quersiegelnahrt
- 18 Abtrennen
- 65 19 gebogene Pfeile (Richtung zu den Behandlungsstationen der Packung 1)
- 20 Pfeil (vertikale Richtung)
- 21 obere Abbrechstelle der teilweise gekrümmten Material-

bahn	
22 untere Abbrechstelle des Papiertubus	10
23 obere Abbrechstelle des Füllrohres	
24 untere Abbrechstelle des Füllrohres	
25 unteres Ende des Lichtwellenleiters	5
26 Lichtwellenleiter	
27 Abbiegestelle des Lichtwellenleiters	
28 horizontales Abbiegen des Lichtwellenleiters	
29 Laserstrahlungsquelle	
30 Halterung	10
31 Blattfeder	
32 Aufnahme am Füllrohr	
33 Laserstrahlung	
34 offenes Loch des Füllrohres	
35 Knickstelle	15
36 gestrichelte Linie	
d Durchmesser des Füllrohres	
D Durchmesser des Tubus	
β Einstrahlwinkel	
λ Öffnungswinkel	20
δ Einfallsinkel	

steuert wird.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung der Laserleistung mit Hilfe der Steuerung der Vorschubgeschwindigkeit erfolgt.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verschweißen von laminatförmigen Verpackungsmaterialien (4a, 4b, 5), die auf den miteinander zu verschweißenden Oberflächen Kunststoff (6) aufweisen, ohne Berührung der Oberflächen mit Schweißwerkzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß als Schweißenergie Laserstrahlung (33) verwendet wird. 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlung (33) eine kontinuierliche Ausgangsleistung hat und die zu verschweißenden Oberflächen als Verpackungsmaterialbahnen (4a, 4b, 5) relativ zu der ortsfesten Auftreffstelle (13) der Laserstrahlung (33) auf die wenigstens eine Materialbahn (4a, 4b, 5) bewegt werden. 35
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß für die Erzeugung der Laserstrahlung (33) zum Verschweißen der Verpackungsmaterialien (4a, 4b, 5) wenigstens ein und vorzugsweise eine Gruppe von nebeneinander angeordneten Diodenlasern eingesetzt wird. 40
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlung (33) dem Verpackungsmaterial (4a, 4b, 5) als Freistrahl mittels fester Optik über Fenster und/oder mittels Lichtwellenleiter (26) zugeführt wird. 45
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (33) unter einem Einfallsinkel $\delta \neq 0^\circ$ auf die wenigstens eine Oberfläche des Verpackungsmaterials (4a, 4b, 5) auftrifft. 50
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Einfallsinkel (6) im Bereich von 45° bis 84° , vorzugsweise im Bereich von 75° bis 83° und ganz besonders bevorzugt bei 81° liegt. 55
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsverteilung im Strahlquerschnitt um den Mittelpunkt der an der Auftreffstelle (13) abgebildeten Linie asymmetrisch ist. 60
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsverteilung im Strahlquerschnitt rechteckförmig ist. 65
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur in der Fügezone (13') erfaßt und damit die Laserleistung ausge-

- Leerseite -

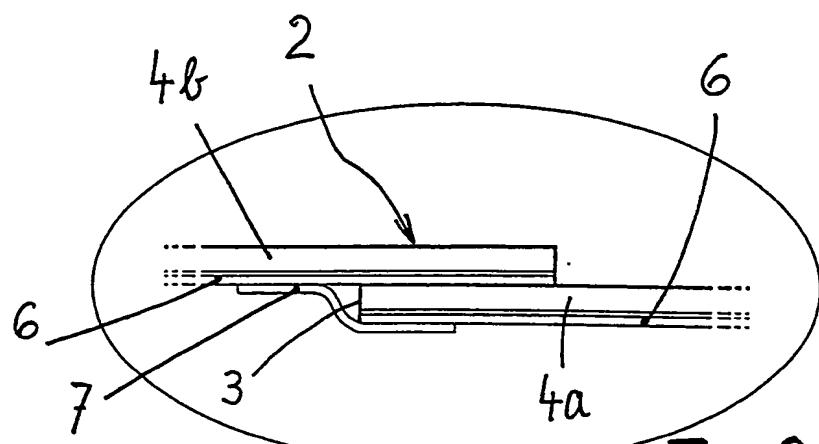


Fig. 2

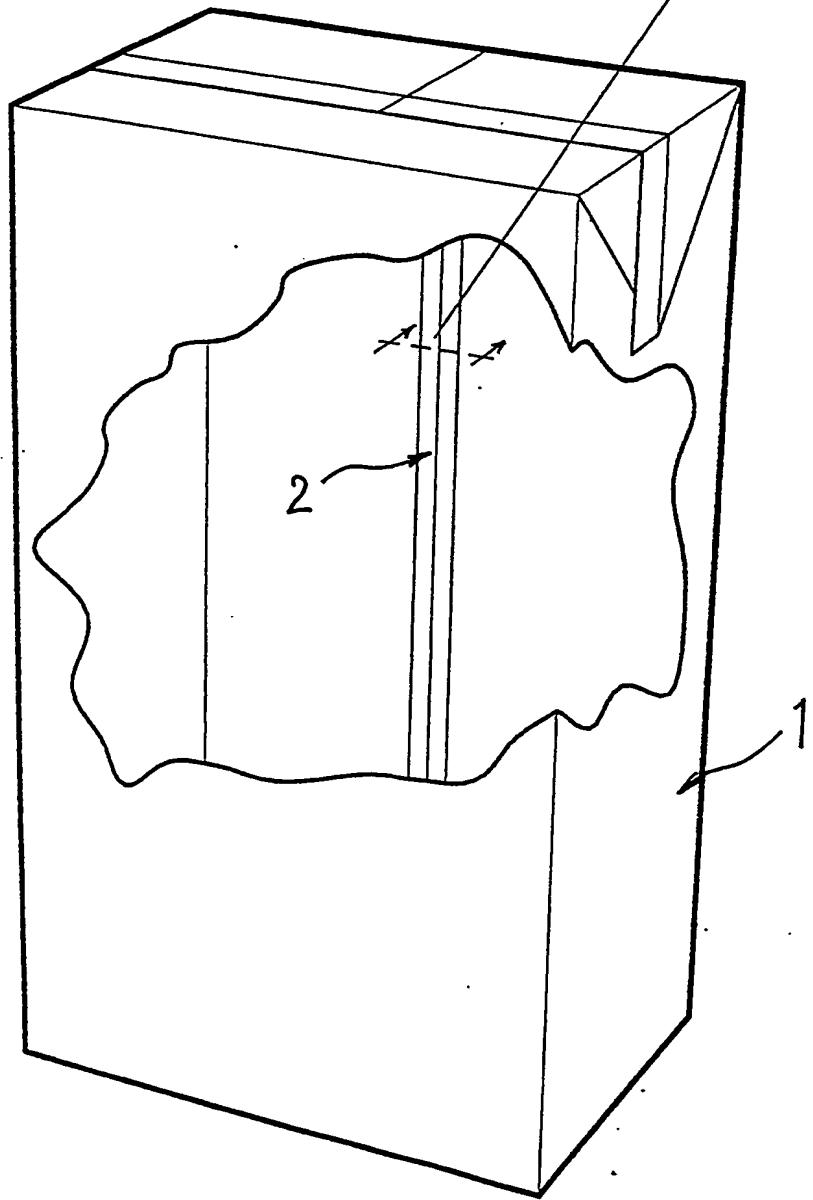
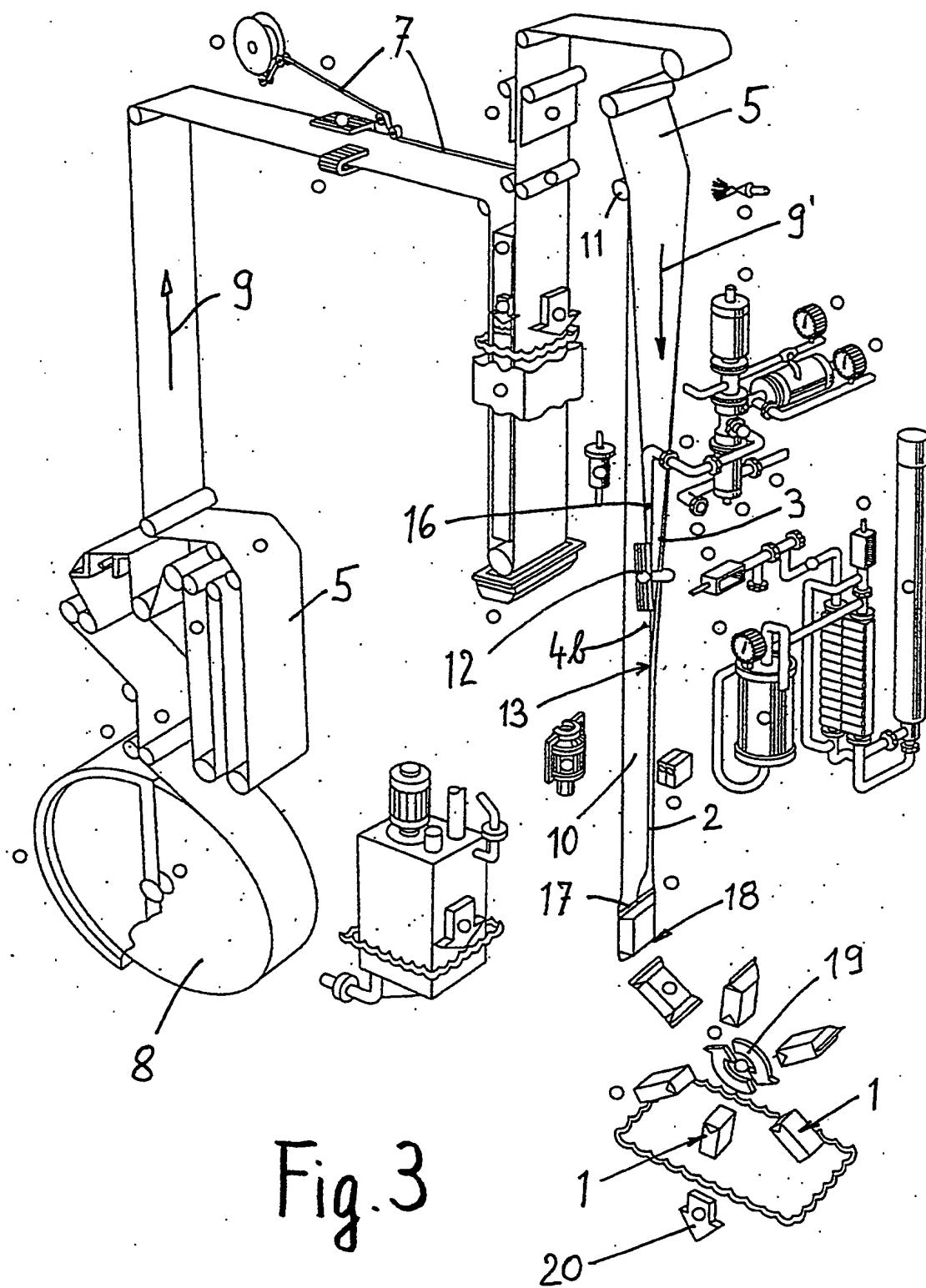


Fig. 1



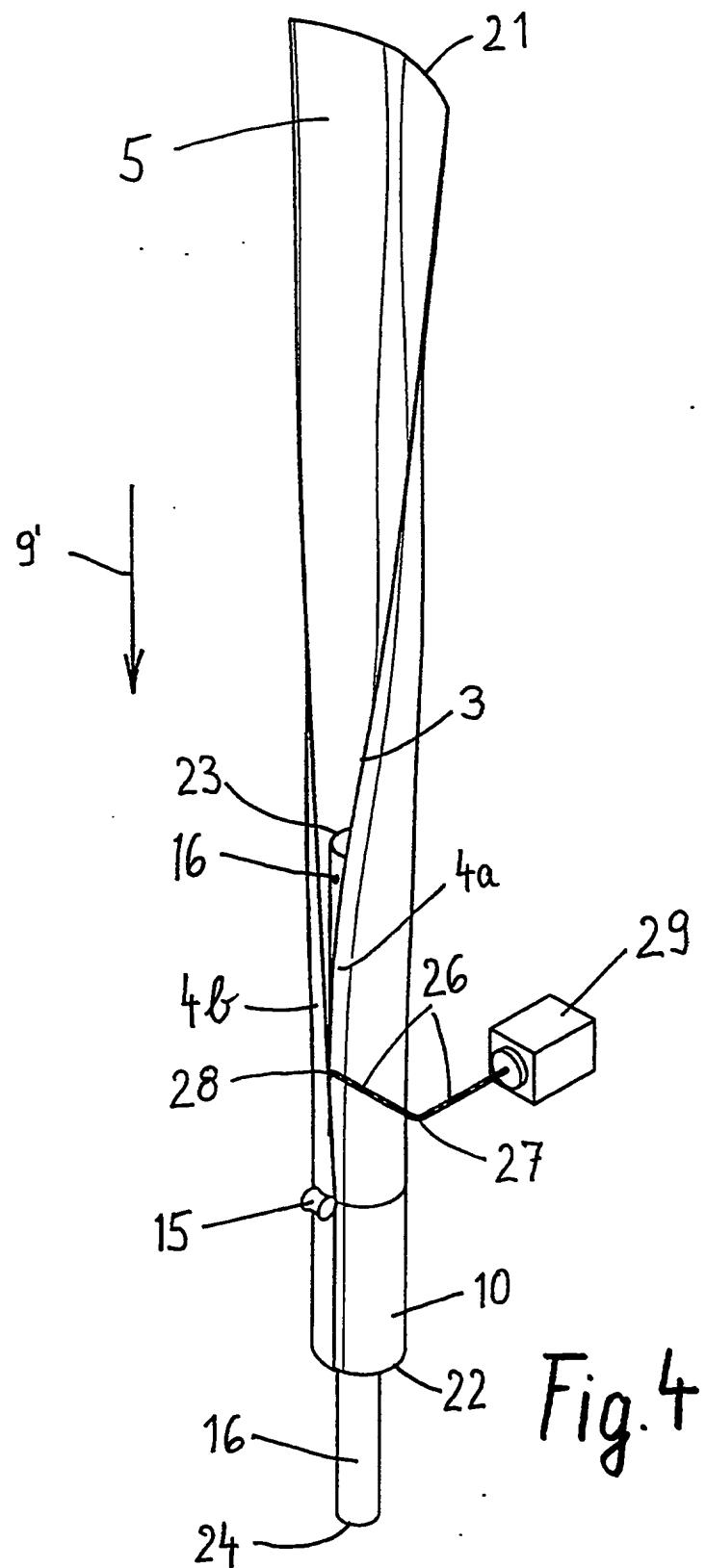
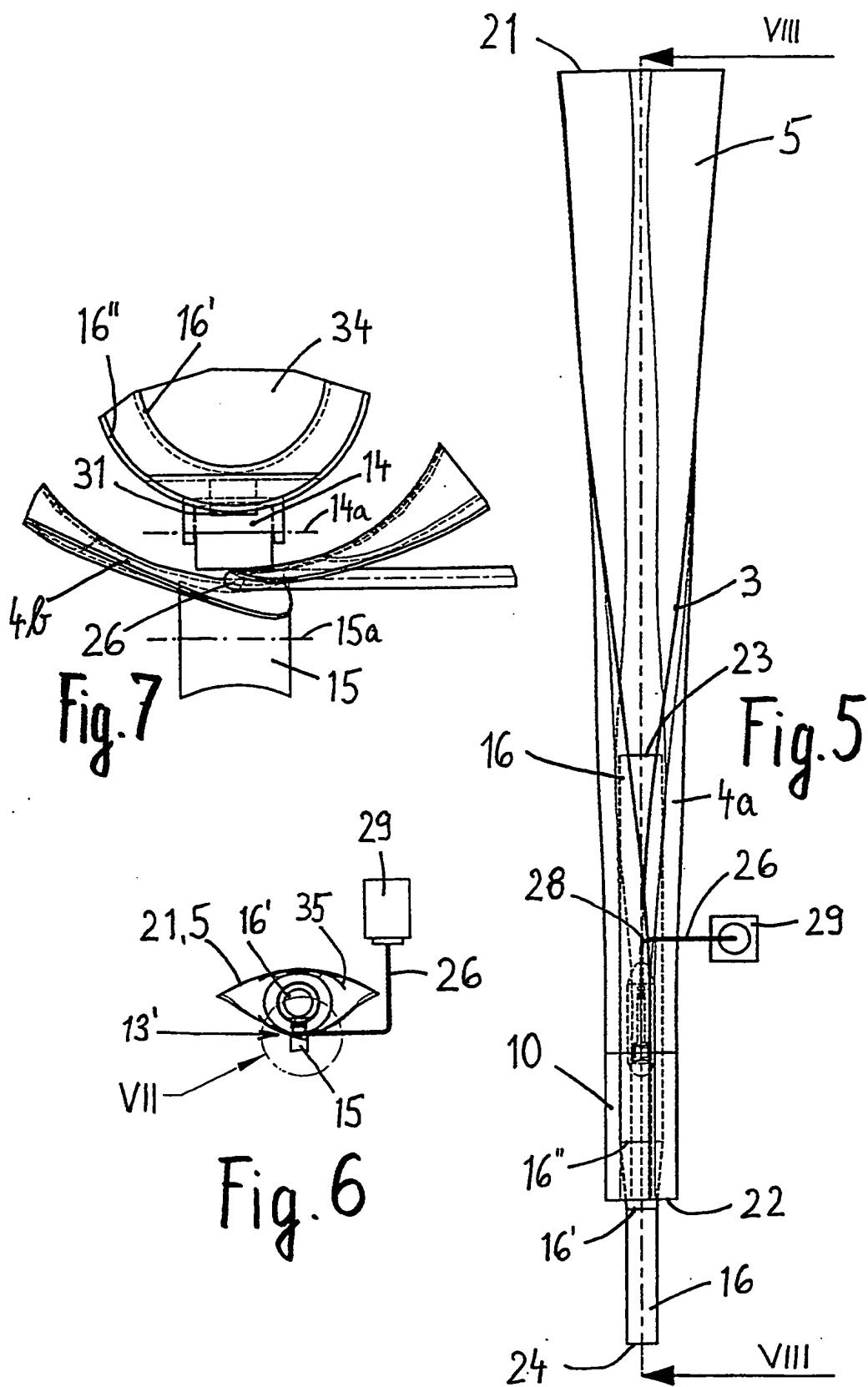


Fig. 4



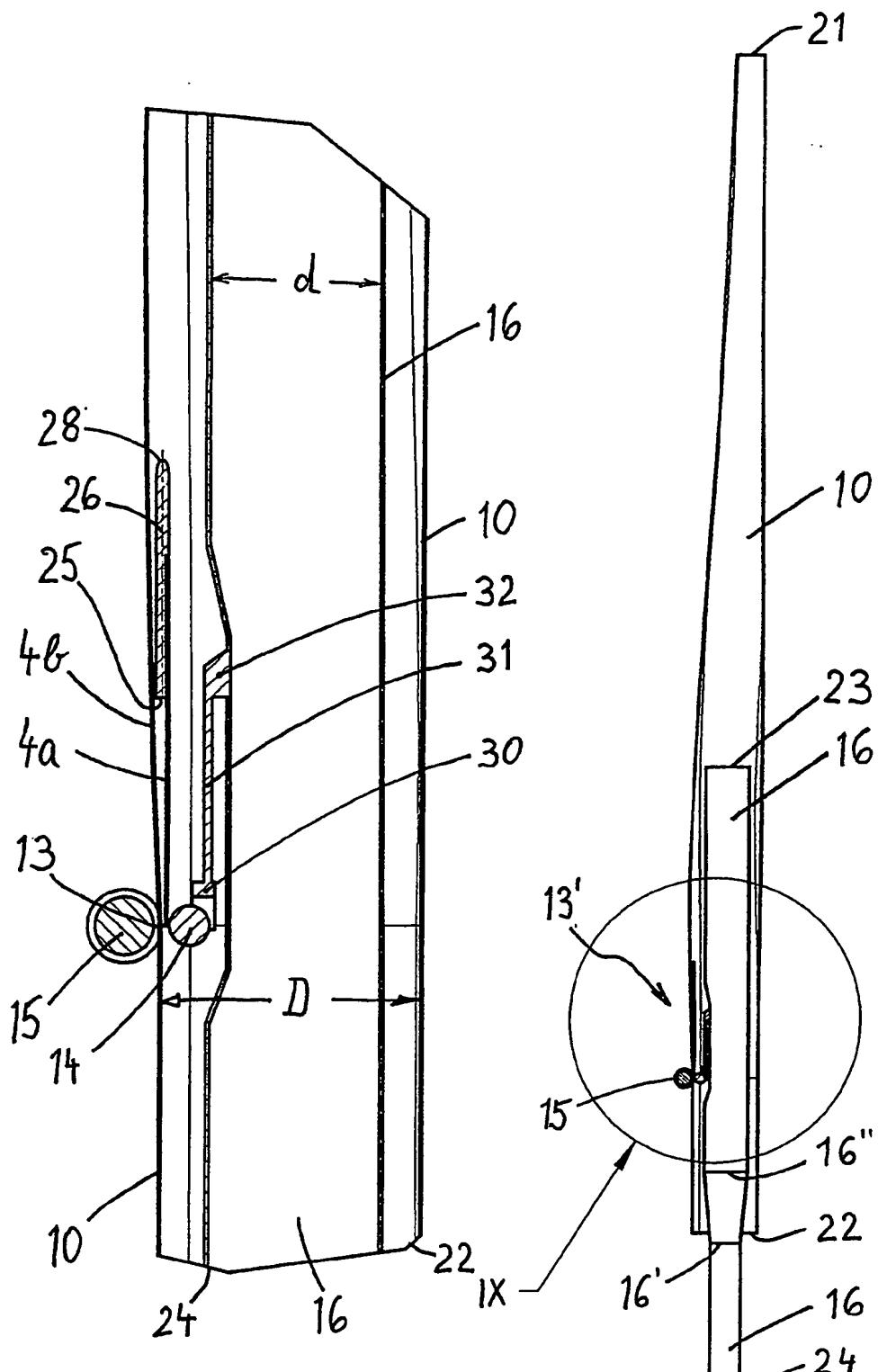


Fig. 9

Fig. 8

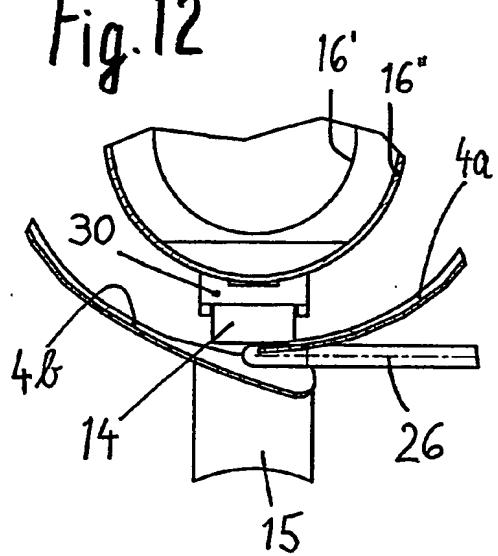


Fig. 12

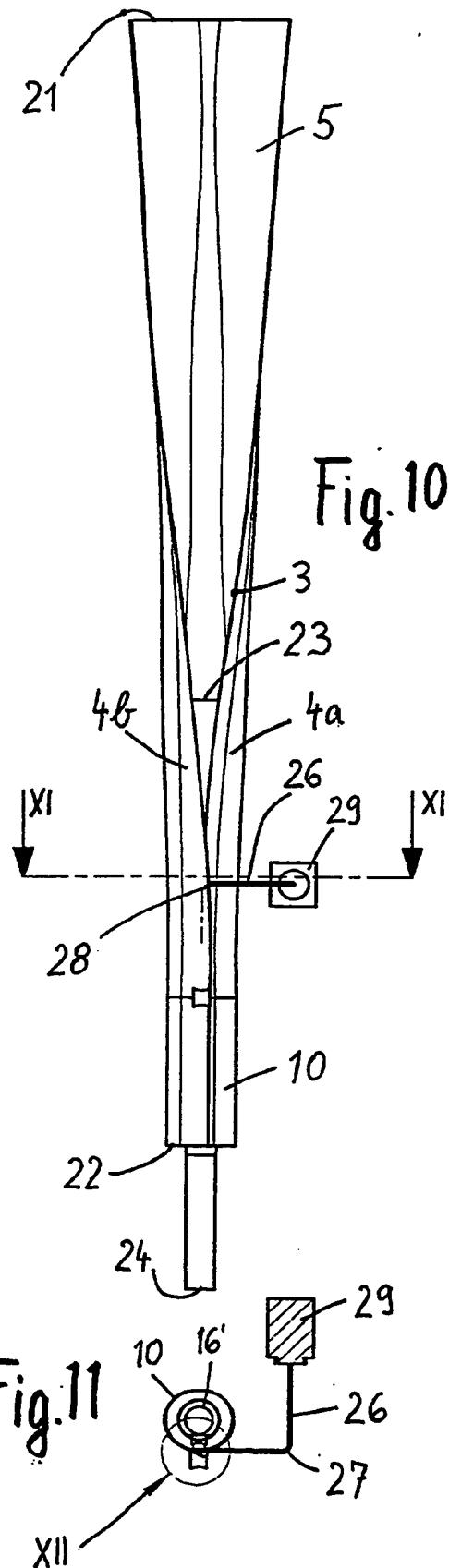
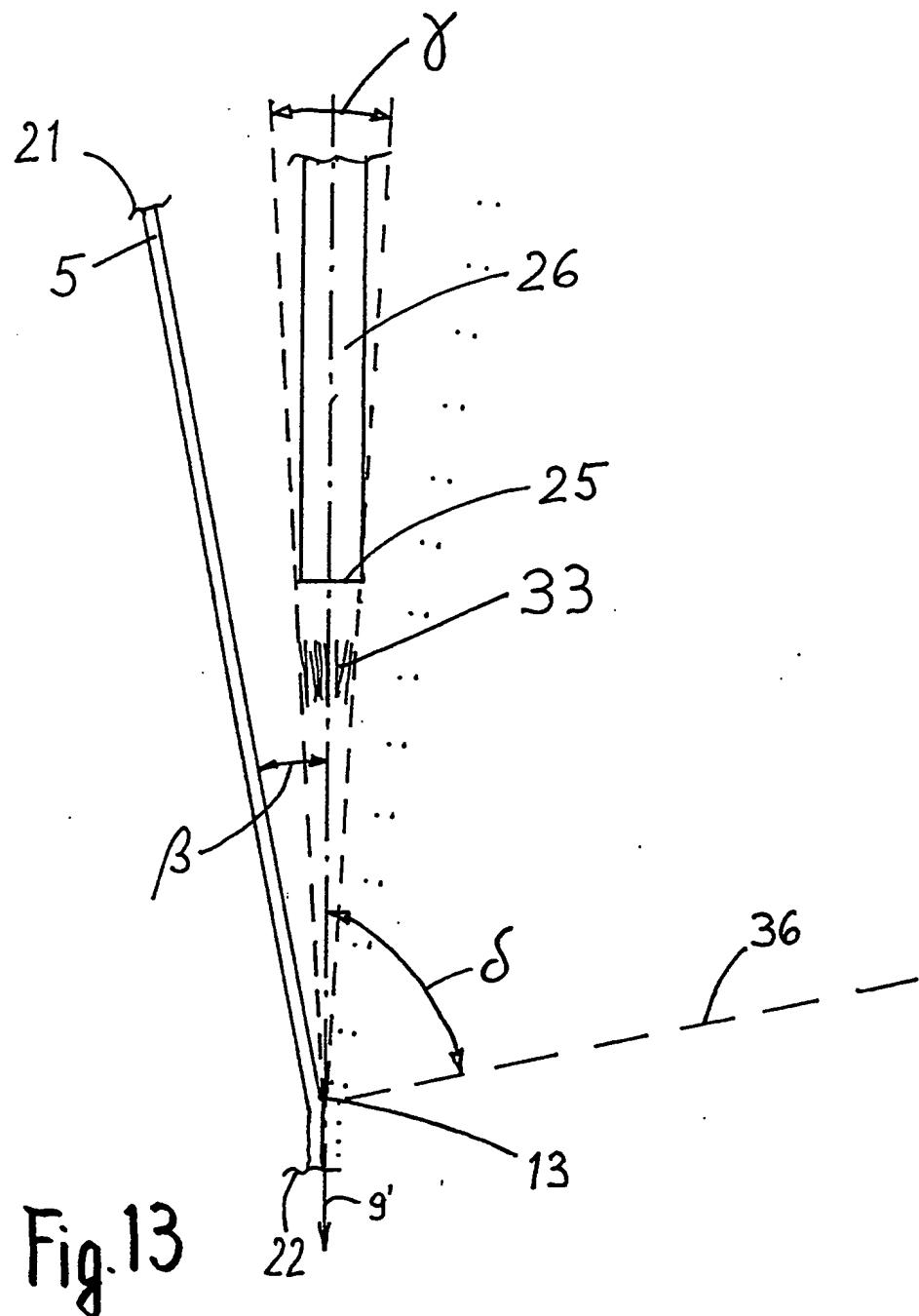


Fig. 11



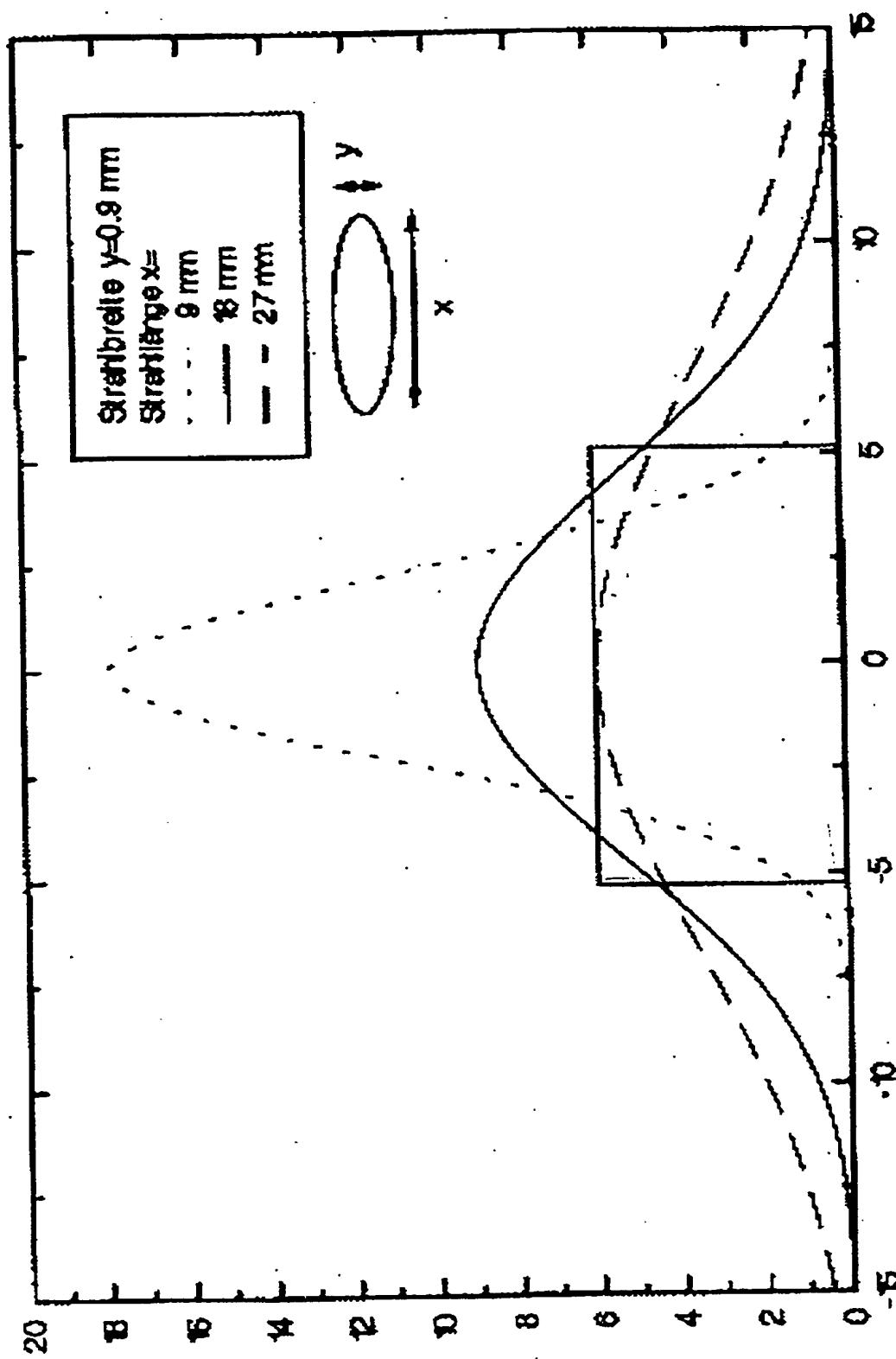
Energiegedichte E_s [J/m^2]

Fig. 14